

D I F F I C U L T E S R E N C O N T R E E S D A N S
L ' U T I L I S A T I O N D E S E N G R A I S
P O T A S S I Q U E S S U R P R A I R I E S

L E POTASSIUM PARTAGE AVEC L'ACIDE PHOSPHORIQUE LA PROPRIETE DE NE PAS ETRE FACILEMENT LESSIVE COMME L'AZOTE MINERAL. MAIS IL POSSEDE AVEC l'azote celle d'être particulièrement abondant dans les fourrages et l'on peut dire, aujourd'hui, que les grandes graminées fourragères sont toutes des plantes à dominantes N — K.

On a attaché, dans le passé, peu d'importance aux besoins en potassium des animaux.

La transformation, grâce à l'emploi de la photométrie de flamme, du délicat dosage du potassium en détermination facile et bon marché, a eu pour conséquence de révéler des teneurs insoupçonnées en cet élément, dans des plantes qui, jusque là, avaient passé pour parfaitement anodines.

La référence à des normes anciennes tirées d'analyses de foins de prairies naturelles, a amené à manier, sans réserve, la notion de consommation de luxe et conduit à des conseils de fumures souvent un peu simplistes.

I. RICHESSE EN K DES FOURRAGES JEUNES

En France, la constatation de la richesse en K des fourrages jeunes, spécialement de ceux de prairies temporaires, est relativement récente.

par

J. Garaudeaux

1. — Elle date du développement des analyses minérales de fourrages et de l'acquisition par les laboratoires spécialisés de photomètres à flamme.

Certains groupes d'agriculteurs s'en sont vivement émus et ont cru leur cheptel menacé de tous les maux, en particulier de ceux que certains chercheurs étrangers attribuaient sans preuves formelles, à l'excès de potassium.

2. — C'est ainsi que la S.C.P.A. a été amenée, dans un souci d'information loyale, à participer à une enquête réalisée par le CETA ovin de l'Aube :

Des prélèvements au stade de la pâture furent effectués dans cinquante-trois prairies temporaires, toutes établies sur des sols de craie moyennement pourvus en K₂O échangeable, et d'âges divers.

Les teneurs en K₂O des échantillons correspondants à la première pousse furent presque toutes comprises entre 3,5 % et 4,5 % de la matière sèche. Elles descendirent rarement en dessous de 3,0 % aux autres pousses.

Aucune corrélation ne fut trouvée entre teneurs en K des fourrages et teneurs en K échangeable des sols ; par contre, il existait une corrélation nette entre teneurs en K et teneurs en N des fourrages.

C'était donc systématiquement les fourrages les plus jeunes qui étaient les plus riches en K. En même temps, la nature de la graminée avait, en outre, une grande importance.

3. — En 1959, des prélèvements, échelonnés de 3 en 3 jours, furent effectués, par les soins de l'INRA, dans un ray-grass d'Italie cultivé au domaine du Pin (Orne) à partir du 23 mars et jusqu'au 19 mai.

Variations de la composition d'un ray-grass d'Italie

Haras du Pin (1959)

	23/3	7/4	15/4	22/4	4/5	19/5
N	3,61	3,13	2,59	2,17	1,58	1,11
P ₂ O ₅	0,98	0,85	0,84	0,80	0,70	0,52
K ₂ O	4,15	4,49	4,56	3,92	3,39	2,56
CaO	0,52	0,55	0,61	0,55	0,53	0,63
MgO	0,49	0,54	0,42	0,45	0,37	0,30
Na ₂ O	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06

*Engrais potassiques
et Prairies*

Leur analyse confirma des teneurs initiales élevées en N et K, ne décroissant que fort lentement jusqu'à la floraison, plus lentement pour K (K₂O supérieur à 4 % jusqu'au 22-4).

Des prélèvements effectués au printemps 1960, dans des pâtures en voie d'exploitation dans le Haut Doubs et le Territoire de Belfort, ont révélé que l'herbe jeune correspondant à des prairies naturelles à flore complexe était elle aussi riche en K₂O.

II. CONSEQUENCES DE CETTE RICHESSE

1. Santé des animaux

LARVOR et BROCHART ont rappelé récemment que les besoins en K des animaux n'étaient pas négligeables et ils signalent que des cas de carence peuvent exister (1).

Les constatations précédentes laissent supposer qu'ils doivent être extrêmement rares et qu'on est ainsi amené à considérer qu'on a plus souvent à faire à des « excès ». On a rapporté à ces excès certaines maladies, en premier lieu la tétanie d'herbage, en se référant surtout à des études réalisées en Hollande, qui ne sont pas terminées et dont les conclusions sont loin d'être admises par l'ensemble des spécialistes de ce pays.

En France les vétérinaires tels que les Professeurs CHARTON (2), LADRAT et BROCHART (3), les chercheurs du C.N.R.Z. de Jouy-en-Josas, tels que JARRIGE, FRANÇOIS, FAUCONNEAU, sont d'accord pour attribuer des inconvénients sérieux à l'herbe trop jeune :

- consommation insuffisante de matière sèche amenant une couverture insuffisante des besoins énergétiques,
- transit trop rapide à travers l'estomac ne permettant pas une résorption intestinale suffisante de Na de la salive, de Mg des aliments,
- excès de protides et en même temps d'azote minéral amenant un mauvais usinage par les bactéries de la panse.

Ils soulignent que ces inconvénients sont aggravés lorsque le passage du régime hivernal à la pâture est trop brusque. Mais ils remarquent aussi que les remèdes sont bien connus et simples. Il est fort peu question du potassium de la ration ou de son rapport aux autres cations comme cause directe et unique des maux constatés, le potassium étant si rapidement éliminé par un rein en bon état qu'il apparaît comme pratiquement impossible de créer des intoxications expérimentales par excès de K.

2. Exportation par les foins

L'exploitation intensive de prairies à grande productivité, spécialement de prairies temporaires, incluses dans la rotation, comporte la récolte d'herbes à ensiler ou de foins, qui représente des *exportations considérables*.

Le principe des restitutions veut qu'on les compense, mais il ne nous dit ni comment, ni quand.

En effet, si la fumure potassique est apportée à l'herbe avant chaque campagne, les exportations augmentent comme le montre, par exemple, les résultats obtenus régulièrement à Aspach sur la sole de ray-grass d'Italie + trèfle violet exploitée par fauche (12 à 17 t de foin en 3 coupes suivant l'année).

Exportations en K ₂ O				
Ray-grass d'Italie + trèfle violet				
Station Agronomique d'ASPACH-LE-BAS (Ht-Rhin) - 1957				
Fumure azotée	Fumure K ₀ (0 kg/ha)	K ₁ 100 kg/ha)	K ₂ (200 kg/ha)	Effet moyen de N
N1 80 kg/ha	219,9	259,4	312,1	263,4
N2 120 kg/ha	225,1	271,0	339,8	278,6
N3 160 kg/ha	236,7	296,1	335,0	289,1
Effet moyen de K	227,2	275,5	329,0	

C'est ainsi qu'en 1957, l'apport de 200 kg K₂O/ha, à peine inférieur à l'exportation moyenne des parcelles privées de fumure potassique, n'a réduit le déficit que de 100 kg/ha. Il faudrait sans doute des fumures de 350 à 400 kg pour équilibrer le bilan.

Peut-on, dès lors, tolérer un certain déficit en K₂O, quitte à le compenser ensuite, éventuellement sur plusieurs cultures successives ?

A notre connaissance, aucune expérimentation directe n'a encore été organisée pour répondre à cette question.

Si la culture suivante est un blé d'hiver, comme c'est le cas à ASPACH, la différence de rendement entre parcelles soumises au rythme K2 et celles ne recevant aucun apport de potasse minérale peut être considérable.

La possibilité d'obtenir rapidement le rendement maximum sur ces dernières semble douteuse puisque le traitement K2 correspond déjà à un apport de 160 kg K₂O/ha, sur un sol beaucoup moins appauvri.

Si la culture suivante est la prairie qui continue, les observations faites à Rothamsted (cf. plus bas) semblent indiquer qu'en cas de déficit notable, le rendement décroît lors des exploitations successives.

3. Transfert du K₂O — Pertes en régime de pâture

En régime de pâture, les exportations par le lait ou la viande sont faibles et l'on peut avoir l'impression que le K₂O est cyclé avec des pertes minimales.

En réalité, il est restitué au sol par les urines en solution concentrée et sur de faibles surfaces.

a) — *En solution concentrée* : DOAK (4) a évalué à 1 600 cc le volume moyen d'une miction bovine, qui se répartit sur 55 dm². En se basant sur une concentration en K₂O de 1,6 %, on conclut que l'apport peut atteindre 500 kg/ha. Du reste, la répartition à l'intérieur de la tache d'urine n'est pas homogène et SEARS (5) estime qu'au centre de l'impact, la concentration peut atteindre 3,2 t/ha.

Il est probable qu'aux points où la concentration atteint ces valeurs jamais réalisées dans les cases lysimétriques, le lessivage de K prend souvent une importance insoupçonnée. SAUNDERS et METSON (6) viennent de montrer que des pertes importantes, par lessivage, peuvent ainsi intervenir dans des sols manquant d'argiles illitiques, tandis que pour certains types d'argile, la fixation intense de K peut diminuer les possibilités de sa réabsorption.

b) — *Sur de faibles surfaces* : Il est bien entendu difficile d'évaluer la surface couverte annuellement par les urines et les appréciations varient suivant les auteurs. HANOCK (7) et DOAK (4) l'estiment à 25 % de la surface totale. (1,9 vaches/ha — 9 mictions/jours — 43 dm² par miction — non recouvrement des taches d'urine). Mais il est bien évident que ce pourcentage dépend de la production de la prairie et du mode d'exploitation. Il est d'autant plus faible que l'exploitation est plus extensive. Dans ce cas, d'ailleurs, la présence d'arbres, de haies, les différences de flore, de compacité du sol, amènent les animaux à concentrer leurs restitutions en des points qu'ils affectionnent mais où ils consomment peu d'herbe.

Ces transferts importants ont même lieu en pâturage rationné lorsque les animaux disposent d'un parc de repos. On a pu noter ainsi à ASPACH une teneur de 0,69 o/oo en K₂O échangeable près des mangeoires, alors que dans les surfaces productives, elle n'était que de 0,10 o/oo.

Il reste à noter que même sans abri, les vaches laitières se réunissent au point de traite au pâturage, bien avant l'arrivée du vacher. C'est ainsi qu'on voit en Hollande, un petit bournier sans végétation au voisinage de chaque ponceau.

Ces transferts se transforment pour partie en pertes pures dans les régions où les vaches sont habituellement traitées à la ferme. Il n'est pas rare qu'elles passent 2 heures par jour à disperser leurs déjections sur les chemins et dans les cours de ferme. Au moins 10 % du K₂O ingéré pendant la période de pâturage, soit 30 à 50 kg/ha/an disparaît de cette façon.

En résumé, les animaux concentrant la potasse dans leurs urines, rendent les pertes directes très supérieures aux exportations de sorte que les bilans qui n'en tiennent pas compte sont systématiquement entachés d'erreurs.

Les travaux poursuivis à Rothamsted par G. W. COOKE sont significatifs à cet égard, puisqu'ils ont conduit à évaluer les pertes de leys intensivement pâturés à 100 kg/ha/an.

III. COMPETITION ENTRE ESPECES

On sait depuis les travaux de MAC DRAKE et collaborateurs (8) que la proportion des éléments minéraux absorbés dans un milieu donné, varie d'une espèce à l'autre et est fonction de la capacité d'échange de leurs racines. On a reconnu depuis, que ceci n'intéressait que la première phase de l'absorption, celle du captage des ions par la surface des membranes radiculaires et que le bilan global de l'absorption dépendait, en outre, de la nature et de la répartition des « accepteurs » sous-jacents et enfin du métabolisme. Madame D. BLANC (9) a, par ailleurs, confirmé que pour une plante donnée, la capacité d'échange racinaire variait, elle-même, fortement avec la fumure azotée.

Il n'en reste pas moins que la plupart des graminées sont mieux douées que les légumineuses pour extraire le potassium, et que la compétition entre les 2 groupes est souvent réglée par l'alimentation en K. Un essai de BLASER et BRADY (10) est particulièrement démonstratif à cet égard. On pourrait

citer aussi les très nombreux travaux qui montrent que la fumure potassique favorise la multiplication et la croissance des légumineuses (11).

Les faits étaient tellement reconnus qu'en France, certains chercheurs ont eu tendance à considérer que la persistance des légumineuses dans des prairies à dominante de grandes graminées n'apparaissant possible qu'en mettant la graminée en forte consommation de luxe, il valait mieux les éliminer au départ.

Or, le maintien des légumineuses apparaît aujourd'hui souhaitable dans la majorité des cas à un triple point de vue.

1) — Certains accidents sanitaires ne se produisent pratiquement jamais dans les prairies renfermant des légumineuses ou des plantes diverses.

2) — Les conditions climatiques des années 1958 et 1959 ayant été franchement opposées, l'attention des chercheurs français a été fortement attirée sur l'importance du taux de consommation de l'herbe produite et sur la valeur biologique de l'unité fourragère. Il semble bien que les légumineuses aient une action favorable sur l'un et l'autre de ces facteurs. C'est la raison pour laquelle J. COLEOU (12) estime que pour la production de viande le recours à l'association graminée-légumineuse est recommandable dans la majorité des cas. De leur côté, R. JARRIGE et M. JOURNET (13) envisageant la production laitière, écrivent : « même dans un système très intensif, il nous semble intéressant de conserver une certaine proportion de pâturage à flore plus complexe ».

Enfin, beaucoup de spécialistes reconnaissent aujourd'hui qu'on a donné trop d'importance au rapport Ca/P de l'herbe et qu'il serait excessif de condamner brutalement les légumineuses parce que chez elles, ce rapport est naturellement trop élevé.

3) — Même si ces raisons n'existaient pas, il y lieu de remarquer que l'utilisation d'une grande graminée, en culture pure, nécessite des apports d'azote et un calendrier d'utilisation relativement strict. Ceci se justifie sans doute pleinement dans une phase où il serait nécessaire d'accroître considérablement la valeur absolue de la production animale, même en se trouvant déjà dans la partie décroissante de la courbe des rentabilités. Ce pourra être, dans une région donnée, le cas de trop petites exploitations qui doivent s'intensifier à tout prix ou disparaître. Il n'est pas du tout évident que cela reste valable dans tous les cas.

Il est bien connu que certains pays tout entiers ou qu'une fraction importante des agriculteurs dans d'autres, continuent à tenir pour judicieux d'employer des légumineuses comme petites unités autonomes de fixation de l'azote atmosphérique.

Les possibilités de transfert de l'azote des légumineuses vivantes aux graminées sont parfois contestées, mais les premières laissent toujours dans le sol des résidus qui peuvent se minéraliser.

T. W. WALKER et collaborateurs (14) ont montré que dans plusieurs essais réalisés, tant en Angleterre qu'en Nouvelle-Zélande, les quantités d'azote absorbées par les graminées pouvaient être calculées par la formule :

$$G_n = aS_n + bC_n + cF_n$$

G_n = N absorbé par les graminées

S_n = N fourni par le sol (fixation directe et N des pluies)

C_n = N récolté par les légumineuses

F_n = N de la fumure

dont on pourrait déterminer les coefficients au moyen d'essais relativement simples.

Si cette formule était largement vérifiée, ceci équivaldrait à généraliser l'affirmation de A. VOISIN (15) suivant laquelle « Les engrais phosphopotassiques sont les premiers engrais azotés de l'herbe ».

Mais ceci ne nous livrerait pas, pour autant, la recette permettant d'intervenir à coup sûr dans la compétition graminées-légumineuses. En effet, les représentants de ces 2 familles n'ont pas le même rythme de végétation. Sous nos climats, les graminées ont tendance à commencer leur croissance beaucoup plus tôt que les légumineuses. En apportant la fumure phosphopotassique au cours de l'hiver, on risque de voir les premières utiliser une bonne partie de la potasse avant que les secondes ne soient en mesure de l'assimiler. C'est sur cette crainte, plutôt que sur des résultats d'essais que se base, par exemple, KERGUELEN (16) pour conseiller le fractionnement de la fumure potassique, et les agronomes du syndicat de propagande des engrais composés pour recommander de substituer des apports d'engrais composés aux apports d'azote en cours de végétation.

IV. RAPPORTS ENTRE CATIONS

Il n'est pas douteux que sous l'influence d'une fumure potassique, une des premières modifications qu'on observe, est une augmentation de la teneur

en potasse du fourrage considéré à un stade donné. L'amplitude de cette variation dépend à la fois, de l'espèce et de la souche — comme nous avons pu le vérifier à ASPACH — et du sol.

Evolution de la teneur en K ₂ O en fonction de la fumure potassique (Aspach 1959 - souches semées en 1957)				
Fumure annuelle kg/ha	Stade floraison			
	K0	K1	K2	K4
	0	50	100	200
Dactyle Germinal	2,76	3,67	3,83	3,96
S 37	1,86	2,25	2,64	3,17
S 26	1,76	2,57	3,09	3,40
Fétuques				
S 215	1,50	2,00	2,33	2,98
Trifolium II	1,47	2,03	2,54	2,90
Naïade	1,20	1,50	1,57	2,76

Or, d'après les travaux de BEAR (17) pratiquement confirmés par SCHARRER et YOUNG (18), tant que l'alimentation en anions varie peu, la somme des cations absorbés par un végétal à un stade défini, tend à être constante. Ceci veut dire que si, dans ce cas, la teneur en K₂O augmente dans la plante, la somme des autres cations principaux Na, Ca, Mg doit diminuer. Il est absolument arbitraire d'isoler, dans cet ensemble, des couples tels que K - Na, K - Mg ou Mg - Ca. Il faut d'ailleurs souligner qu'une difficulté vient de ce que dans la compétition pour l'entrée dans la plante peut intervenir en outre, et parfois vigoureusement, NH₄ qui ne se retrouve plus sous cette forme cationique dans l'analyse des parties aériennes.

Un récent travail de SAID (19) a nettement montré que suivant l'espèce, l'augmentation de K se faisait plus aux dépens de l'un ou de l'autre des autres cations.

Tout est plus compliqué encore si l'on compare des fumures constituées d'anions notablement différents, car le rapport des cations aux anions peut être fortement modifié. Le plus actif à ce point de vue est l'anion nitrique, mais Cl intervient aussi dans une mesure non négligeable.

Il s'ensuit que, s'il semble logique de conseiller le recours à des fumures bon marché — scories potassiques ou K provient du chlorure — pour fertiliser des prairies naturelles de faible productivité, il y aurait lieu de comparer les divers sels de potassium possibles, pour les prairies dont la flore possède un haut potentiel.

Malheureusement, les comparaisons auxquelles on a procédé ont surtout porté sur sels potassiques à basses teneurs et sels concentrés, avec comme hypothèse la possibilité d'un enrichissement des fourrages en Na par les premiers.

Les résultats ont été assez contradictoires. Ceux rapportés par J. J. LEHR (20) montrent par exemple que si des apports de nitrate de soude du Chili améliorent toujours la teneur en Na et son rapport avec celle en K, il n'en est pas de même des sels bruts, l'absorption accrue de Cl pouvant en outre avoir une influence défavorable sur l'évolution du rapport cations/anions.

RADET (21) a retrouvé en Champagne l'action de NO_3Na , mais n'a pas confirmé les possibilités d'enrichissement en Na, à partir de sels bruts.

Les quelques faits rappelés ci-dessus, incitent à penser que suivant les espèces et la nature de la fraction non potassique de la fumure, les résultats pourront être très différents. Le travail de SAÏD, cité plus haut (19) révèle des différences profondes entre dactyle et ray-grass anglais. De nombreux indices recueillis à ASPACH, indiquent que ces différences sont sans doute encore plus grandes entre dactyle et fétuques. Toute expérimentation tendant à apprécier les modifications de la composition minérale suivant les constituants de la fumure devrait donc tenir le plus grand compte des différences physiologiques entre espèces ou souches. Or, d'une part, les rapports sur les essais déjà réalisés sont souvent trop peu explicites en ce qui concerne la caractérisation des flores où ils ont été obtenus et d'autre part, la plupart des travaux de base en sont encore à leur début.

V. CONCLUSIONS

Au terme de cette revue rapide des difficultés rencontrées dans l'utilisation de la fumure potassique sur prairies, il est possible de résumer les problèmes

qui restent à résoudre en les groupant autour des questions principales suivantes :

1° — Peut-on diminuer les teneurs en K des fourrages sans faire baisser les rendements ?

Les observations faites à Rothamsted (22) semblent déjà fournir les éléments d'une réponse négative, puisque sur 2 dispositifs, une insuffisance des restitutions n'a pas amené de baisse de teneur en K des fourrages mais une diminution de la production.

Mais les graminées à grand potentiel présentent de grosses différences physiologiques et les pousses successives d'une même plante sont loin d'être identiques. Le stade physiologique atteint par la pousse précédente a sur chacune des pousses successives des répercussions profondes.

La solution théorique consisterait à établir, pour chaque plante et pour chaque stade, les courbes rendements/teneur en K. C'est la voie qu'avait par exemple indiquée le Professeur ISHIZUKA (23) au symposium 1957 de l'Institut International de la Potasse. C'est celle que nous suivons modestement en collaboration avec l'INRA.

2° — Peut-on laisser les fourrages fortement exploiter les réserves potassiques d'un sol ?

Cette question dépasse évidemment le cadre de la production fourragère — G. BARBIER (24) l'a notamment posée à diverses reprises — mais elle est particulièrement importante dans son cas. Il est probable que la réponse est très différente suivant la nature du sol, c'est-à-dire, en dernier ressort, suivant l'importance des réserves « dissimulées » mais récupérables et suivant la résistance de ces réserves au lessivage par les pluies.

On peut tirer des travaux de l'équipe de Van de PAAUW (25), une argumentation en faveur d'un emploi constant des fumures potassiques destinées à éviter l'alternance de phases d'épuisement rapide et de phases d'accroissement massif des réserves.

Mais l'expérimentation en ce domaine est difficile et il faut supposer que, pendant longtemps, les documents disponibles proviendront surtout des essais en rotations poursuivis à Rothamsted.

3° — Peut-on agir efficacement sur la compétition graminées-légumineuses en fractionnant les apports d'engrais potassiques ?

Il est bien entendu que la nutrition potassique n'est pas le seul facteur du maintien d'une certaine proportion de légumineuses et que cette question ne saurait recevoir une réponse unique.

Lorsqu'il s'agit de mélanges semés, il y a d'abord à fixer les objectifs généraux qu'il est raisonnable de leur assigner : maintien au cours d'une saison d'une flore constamment équilibrée et homogène ou acceptation d'une certaine alternance de l'espèce dominante dans le temps.

Ceci étant établi, l'intérêt d'apports fractionnés sera d'autant plus probable :

a) — que le démarrage des graminées au printemps aura plus tendance à précéder celui des légumineuses,

b) — que les espèces de graminées auront plus de facilité à sélectionner K parmi les cations du sol,

c) — Que les possibilités de rétention de K tant sous forme échangeable, qu'à l'intérieur des réseaux argileux seront faibles.

Il semble que l'influence de la date d'apport de l'engrais phosphaté soit généralement assez peu importante pour que ces apports fractionnés puissent être souvent réalisés au moyen d'engrais complets, la gamme des binaires nitropotassiques pouvant être incomplète ou correspondre à des prix trop élevés. Il est nécessaire que les comparaisons réalisées dans ce domaine tiennent compte de la nature du sel de potasse employé.

4° — Peut-on agir sur la composition minérale de l'herbe en vue de mieux l'adapter aux besoins des animaux ?

Vouloir fabriquer une herbe répondant, à elle seule, à tous les besoins des animaux, apparaît comme une entreprise difficile, sinon sans espoir, puisque les besoins en éléments minéraux sont très différents pour les végétaux et les animaux. Il faut aujourd'hui admettre que la composition minérale doit être étudiée dans son ensemble et que les essais à entreprendre doivent tenir compte de la forme des sels vecteurs des éléments essentiels. Beaucoup d'agriculteurs sont loin du point où il serait indispensable de limiter la production pour ne pas risquer de transformer l'herbe en produit dangereux pour la santé des animaux.

Dans des limites encore larges, les rapports entre éléments minéraux peuvent être valablement corrigés par la distribution de condiments correspondant à un nombre restreint de formules.

Ceci n'est pas une raison pour nier que plus on se rapproche des rendements maxima, plus la latitude de mise au point diminue. Il est bien certain qu'alors les solutions valables ne peuvent être trouvées qu'à la suite d'une étroite collaboration entre ceux qui, de près ou de loin ont un intérêt quelconque à une amélioration de la production fourragère.

J. GARAUDEAUX

Services Agronomiques, S.C.P.A. - Mulhouse

BIBLIOGRAPHIE

(1) LARVOR : Le sodium, le potassium et le chlore dans l'alimentation des bovins - « La Potasse », n° 272 - Fév. 1960 - p. 27.

(2) Pr CHARTON : Compte rendu de la réunion du CETA ovin de l'Aube - 20.1.59 - paru dans la « Circulaire d'Informations et de Documentation » de la S.C.P.A. - Juin 1959, n° 169.

(3) J. LADRAT, P. LARVOR et M. BROCHART : Recueil de Médecine Vétérinaire de l'École d'Alfort, n° 12 - Décembre 1959 - Recherches sur quelques cas de tétanie d'Herbage.

(4) DOAK - B. W. 1952 : Some chemical Changes in Nitrogenous Constituents of Urine when voided on Pasture - J. Agric. Sci 42 : 162-71.

(5) Renseignements recueillis par G. LEVI : « Circulaire d'Informations et de Documentation » de la S.C.P.A. - Février 1958 - n° 153, p. 90.

(6) SAUNDERS et METSON : Fate of potassium applied to pasture on a soil derived from audestic ash - N-Z Journal of Agricultural Research - vol. 2, n° 6 - Décembre 1959.

(7) HANCOCK J. 1950 : Studies in Monozygotic Cattle Twins - IV Uniformity Trials - grazing Behaviour - N-Z J. Sci. Tech. A 32 : (4) 22.

(8) MAC DRAKE, VENGRIS et COLBY : Cation Exchange capacity of plant roots - Soil Sc - Août 1951.

- (9) Mme D. BLANC : CR. - Ac. Sciences - PARIS 1957.
- (10) R. E. BLASER et N. C. BRADY : Nutrient competition in plant association - Agronomy Journal - Janvier 1951.
- (11) Très nombreuses références en particulier KLAPP - (Symposium I.I.P. 1957).
- (12) J. COLEOU : Production de viande et production fourragère intensive - Bulletin Technique d'Information des Ingénieurs des Services Agricoles - Les Bovins - n° 145, Novembre-Décembre 1959 - p. 721.
- (13) R. JARRIGE et M. JOURNET : Production laitière et pâturage des prairies temporaires.
- (14) T. W. WALKER, H. D. ORCHISTON and A. F. R. ADAMS : The nitrogen economy of grass legume associations - Jour. of British Grassland Soc. vol. IX - n° 4 - Décembre 1954.
- (15) A. VOISIN : La productivité de l'herbe - Flammarion, p. 85.
- (16) KERGUELEN : article communiqué par l'auteur avant parution prochaine.
- (17) BEAR F. E. : Agric. Jour. 42.S.176 (1950).
- (18) K. SCHARRER et J. JUNG : « Der Einfluss der Ernährung auf das Verhältnis von Kationen zu Anionen in der Pflanze » und « Weitere Untersuchungen über die Nährstoffaufnahme und das Verhältnis... » Zeit. f. Pflanz. und Bodenkunde - 71 (116-1) 1955. Zeit f. Pflanz. und Bodenkunde - 71 (116-2) 1955.
- (19) J. M. SAID : Cation selectivity and cation-anion balance as factors governing the mineral composition of pasture herbage - Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen, n° 65-16.
- (20) J. J. LEHR : L'influence de la fertilisation sur la composition minérale de l'herbe - Plant nutrition research laboratory - WAGENINGEN (Hollande).
- (21) E. RADET : Rôle du sodium dans la fertilisation des prairies temporaires - Travaux des Stations d'Agronomie, 1958 - INRA.
- (22) Rapport de la Station de Rothamsted, 1958.
- (23) ISHIZUKA : The use of potassic fertilizer on grassland in Japan - Symposium I.I.P. 1957.
- (24) G. BARBIER : Conférence au 1er Congrès de l'I.I.P. - Zurich, 1953 - Revue La Potasse - Octobre 1953.
- (25) Van de PAAUW : Conférence Internationale de la Science du Sol, DUBLIN, 1952 - I, 221.